

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-258196

(43)Date of publication of application : 16.09.1994

(51)Int.Cl.

G01M 17/02

G01N 19/02

(21)Application number : 05-069233

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 04.03.1993

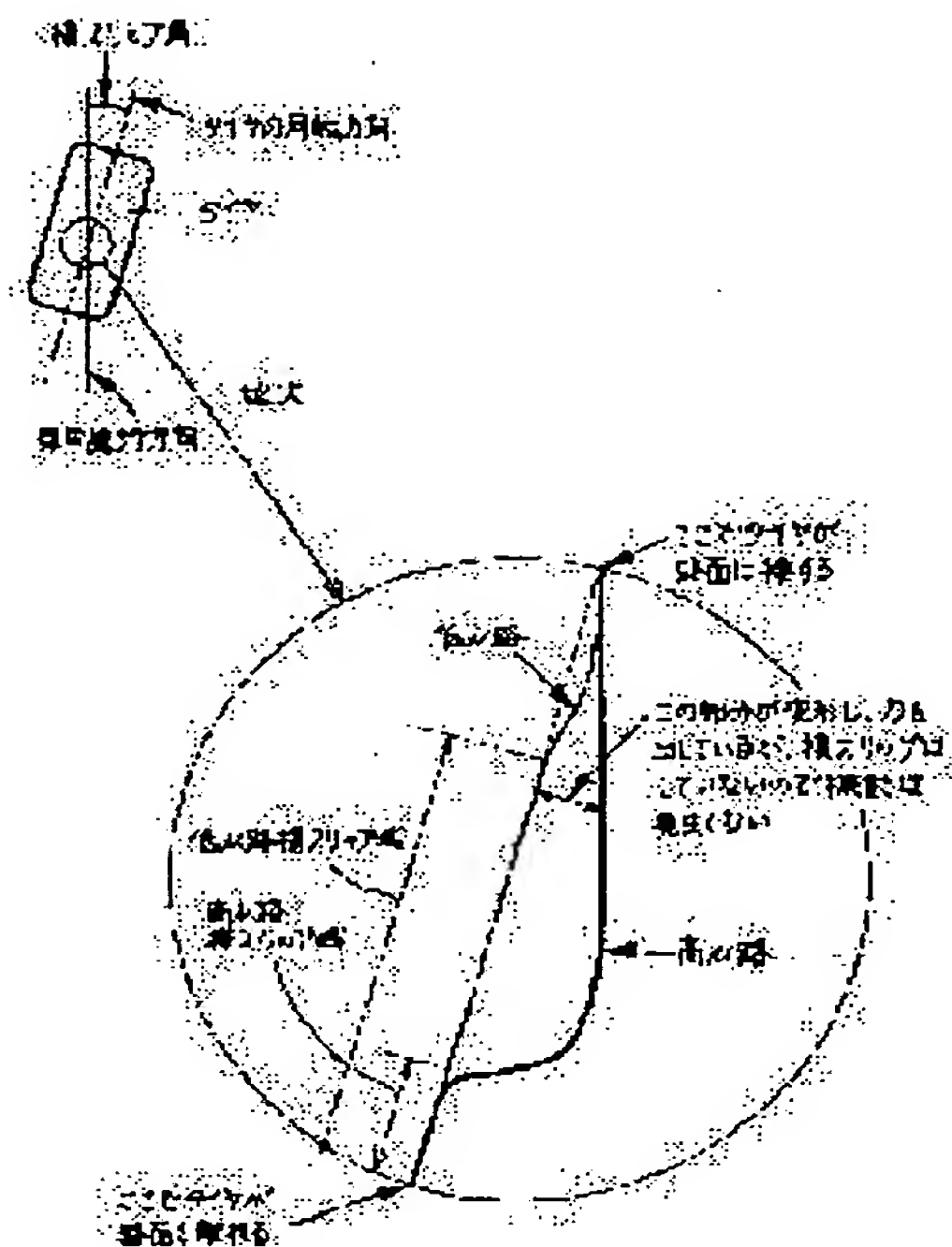
(72)Inventor : KIDO SHIGEYUKI

(54) DETECTOR OF ROAD FACE FRICTION COEFFICIENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a title detector which can detect road face friction coefficients relatively easily by detecting road face friction coefficients on the basis of resonance levels of a tyre with views kept on a variation in resonance levels of a tyre based on a variation in lengths of a side slip area to the road face in a ground part of a tyre which is rotating in a zero-free state of the side slip angle.

CONSTITUTION: The oscillation accelerations G of right, left, front wheels that are steering wheels with toe angles are detected by an acceleration sensor, and power spectrum density PSD of the acceleration G is detected on the basis of the results, so that a road face friction coefficient is detected on the basis of that of the PSD values which is within a frequency range where a PSD value varies in one direction while a road face friction coefficient varies in one direction. Since the front wheel tyres always develop side displacements in the presence of tow angles, it is possible to always detect road face friction coefficients.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.03.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3022038

[Date of registration] 14.01.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-258196

(43)公開日 平成6年(1994)9月16日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 1 M 17/02

G 0 1 N 19/02

識別記号

B

B 6928-2J

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平5-69233

(22)出願日 平成5年(1993)3月4日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 城戸 滋之

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動

車株式会社内

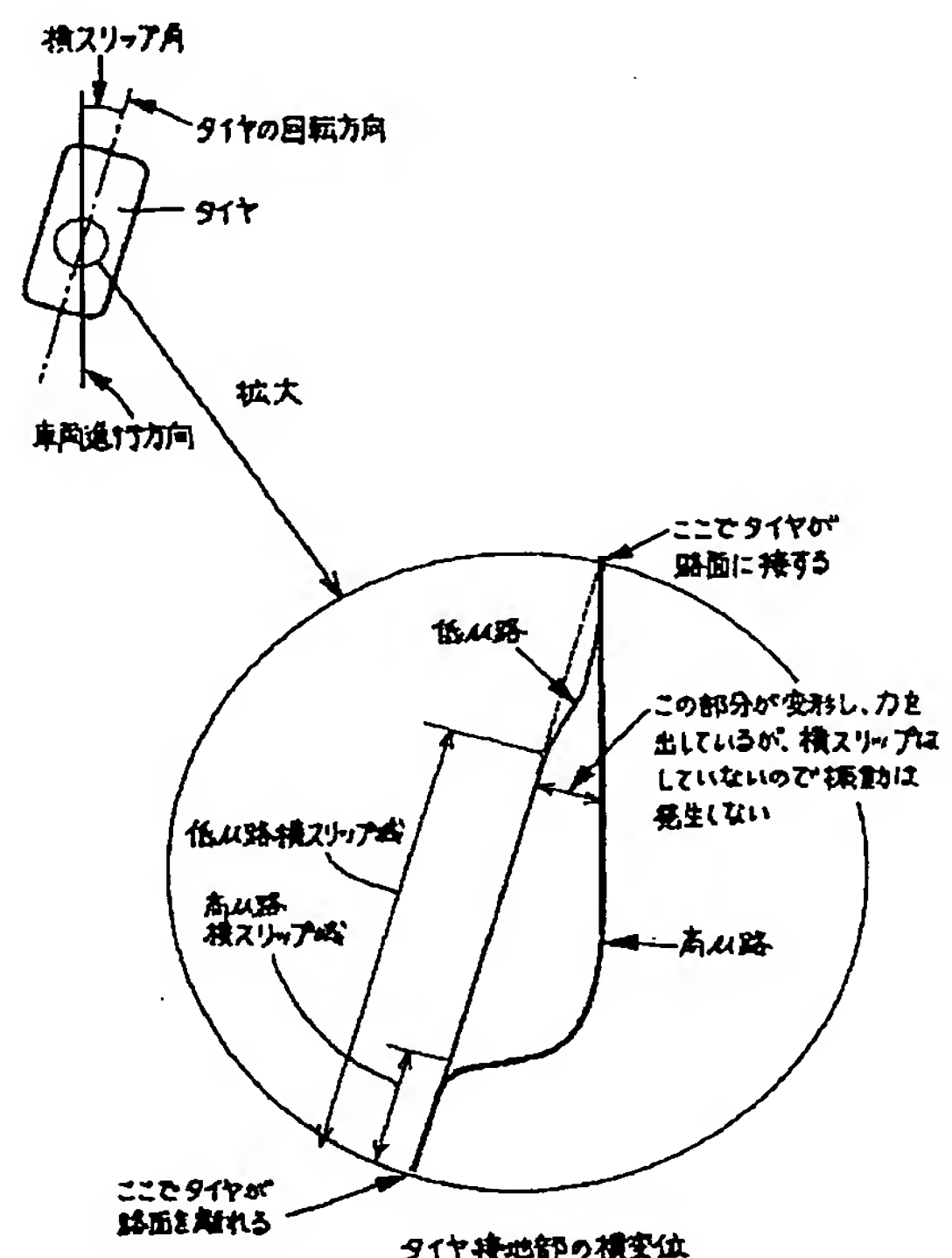
(74)代理人 弁理士 神戸 典和 (外2名)

(54)【発明の名称】 路面摩擦係数検出装置

(57)【要約】

【目的】 横スリップ角が0でない状態で回転しているタイヤの接地部における、路面に対する横スリップ域の長さが路面摩擦係数に応じて変化することに基づくタイヤの共振レベルの変化に着目し、タイヤの共振レベルに基づいて路面摩擦係数を検出することにより、路面摩擦係数を比較的容易に検出し得る路面摩擦係数検出装置を提供する。

【構成】 トー角がつけられている操舵車輪である左右前輪の振動加速度Gを加速度センサにより検出し、その結果に基づいて加速度Gのパワースペクトル密度PSDを算出し、そのPSD値のうち、路面摩擦係数が一方向に変化するのに対してPSD値も一方向に変化する関係が成立する周波数範囲内におけるものに基づき、路面摩擦係数を検出する。前輪のタイヤにはトー角の存在によって常時横変位が生じているから、路面摩擦係数を常時検出することが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車両走行中に横スリップ角が 0 でない状態で回転している車輪の振動のうち、少なくとも前記車輪が接している路面の摩擦係数が一方向に変化するのに対応して振動レベルが一方向に変化する特定の関係が成立する周波数範囲の振動レベルを検出する車輪振動レベル検出手段と、

検出された特定周波数範囲の振動レベルに基づいて前記路面の摩擦係数を推定する路面摩擦係数推定手段とを含むことを特徴とする路面摩擦係数検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は車両が走行している路面の摩擦係数を検出する装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】路面の摩擦係数（以下、「路面 μ 」という）を検出する方式が既にいくつか提案されている。それは例えば、実開昭 5 8 - 1 3 4 7 5 8 号公報に記載されているように、駆動車輪と遊動車輪との車輪速差に基づいて路面 μ を検出する方式や、運転者が操舵中にステアリングホイールから受ける操舵反力に基づいて路面 μ を検出する方式や、ロック限界付近にある車輪の車輪加速度に基づいて路面 μ を検出する方式などである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、それら従来の方式はいずれも、路面 μ を検出する際の時期的な制約が厳しいという問題がある。例えば、駆動車輪と遊動車輪との車輪速差に基づいて路面 μ を検出する方式には、車両駆動中でなければ路面 μ を検出することができないという制約があり、また、操舵反力に基づいて路面 μ を検出する方式には、操舵中でなければ路面 μ を検出することができないという制約があり、また、ロック限界付近にある車輪の車輪加速度に基づいて路面 μ を検出する方式には、強い制動が行われて車輪がロック限界付近に至らない限り路面 μ を検出することができないという制約がある。

【0004】このように従来の方式には路面 μ を検出するための制約が厳しく、容易に路面 μ を検出することができないという問題があったのである。

【0005】本発明はこの問題を解決することを課題としてなされたものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するために本発明は、路面摩擦係数検出装置を、図 1 に示されているように、(a) 車両走行中に横スリップ角が 0 でない状態で回転している車輪の振動のうち、少なくとも車輪が接している路面の摩擦係数が一方向に変化するのに対応して振動レベルが一方向に変化する特定の関係が成立する周波数範囲の振動レベルを検出する車輪振動レベル検出手段 1 と、(b) 検出された特定周波数範囲の振動レ

ベルに基づいて前記路面の摩擦係数を推定する路面摩擦係数推定手段 2 とを含む構成としたことを特徴とする。

【0007】

【作用】横スリップ角が 0 でない状態で回転している車輪においては、良く知られているように、そのタイヤのトレッド接地部の周方向における各部分（以下、「トレッド各部分」という）が、横方向に変位することを繰り返す。具体的には、トレッド各部分は、路面に接し始めると、路面との摩擦力により引っ張られて次第にタイヤ中心から離れる。その後、トレッド各部分は、タイヤ中心に引き戻そうとするタイヤの弾性力に打ち勝って横変位が増大していくが、やがて摩擦力よりも弾性力が大きくなったとき、路面を横にすべってタイヤ中心の方に戻っていく。

【0008】本出願人はこのトレッドの横変位と路面 μ との関係について研究し、その結果、次のような現象を発見した。すなわち、車両走行中に横スリップ角が 0 でない状態で回転している車輪の振動レベルを検出すれば、その検出された振動レベルのうち特定の周波数範囲内においては、車輪が接している路面の摩擦係数が一方向に変化するのに対応して振動レベルが一方向に変化するという特定の関係が成立するという現象を発見したのである。なお、この現象の発生メカニズムについては実施例において詳述する。

【0009】したがって、この現象を利用すれば、その周波数範囲における振動レベルさえ判明すれば、振動レベルと路面 μ との間の予め判明している一定の相関関係に基づき、路面 μ を検出することができる。また、タイヤトレッドの横変位は、車両旋回中に発生するのはもちろんであるが、車両直進中であっても発生する。すなわち、車両においては、車両の直進安定性を向上させる等のため、操舵車輪である左右前輪にトー角をつけたり、キャンバ角をつけたりするのが一般的であり、その結果、車両直進状態でも、タイヤトレッドに横変位が発生しているのである。このように、路面 μ の検出に必要な現象であるトレッド横変位は、ほとんど常時発生している現象なのである。

【0010】このような知見に基づき、本発明に係る路面摩擦係数検出装置においては、車輪振動レベル検出手段 1 により、車両走行中に横スリップ角が 0 でない状態で回転している車輪の振動のうち、少なくとも車輪が接している路面の摩擦係数が一方向に変化するのに対応して振動レベルが一方向に変化する特定の関係が成立する周波数範囲の振動レベルが検出され、路面摩擦係数推定手段 2 により、検出された特定周波数範囲の振動レベルに基づいて路面の摩擦係数が推定される。

【0011】

【発明の効果】このように、本発明によれば、ほとんど常時発生している現象であるトレッド横変位を利用することにより、路面 μ を検出することができるため、路面

μ を比較的容易に検出することができるという効果が得られる。

【0012】ただし、車両直進中には横スリップ角が0であるために横変位が発生しない車輪につき、車両旋回中に振動レベルを検出して路面 μ を検出するようにして本発明を実施することは可能である。

【0013】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

【0014】図2において符号10は、操舵車輪である左右前輪の一方を代表的に示している。この前輪10は図示しないベアリングを介してキャリア12に回転可能に支持され、そのキャリア12はアップアーム14およびロアアーム16を介して車体18に連結されている。アップアーム14は車体18とキャリア12とを、ロアアーム16は車体18とキャリア12とをそれぞれ、垂直面内における相対変位が可能な状態で連結している。なお、左右の前輪10にはトー角がつけられていて、車両直進状態でも前輪10のタイヤのトレッド接地部に横変位が生じるようになっている。

【0015】ロアアーム16には加速度センサ20が取り付けられている。この加速度センサ20は重りと圧電素子を主体として構成されていて、前輪10の横方向の振動をロアアーム16の加速度Gとして間接に検出するものである。

【0016】この加速度センサ20は、車体18に取り付けられた路面摩擦係数推定装置24に接続されている。この路面摩擦係数推定装置24は、図3に示されているように、CPU30、ROM32、RAM34、入カインターフェース38および出力インターフェース40を含むコンピュータを主体として構成されており、その入カインターフェース38に加速度センサ20が接続されているのである。この入カインターフェース38にはまた、ステアリングホイールの操舵角 θ を検出する操舵角センサ42と、外気温度 t を検出する温度センサ44が接続されている。一方、出力インターフェース40には、路面摩擦係数表示器46が接続されている。この路面摩擦係数表示器46は、車室内の、運転者から見え易い位置に装着されている。

【0017】路面摩擦係数推定装置24は、ROM32に予め記憶されている路面摩擦係数推定ルーチン（図4にフローチャートで表されている）がCPU30によりRAM34等を使用されつつ実行されることにより、加速度センサ20等からの出力信号に基づいて路面 μ を検出し、その結果を路面摩擦係数表示器46を介して運転者に告知する。

【0018】ここで、図4の路面摩擦係数推定ルーチンの内容を詳細に説明する。まず、路面 μ 検出の原理について説明する。

【0019】本出願人は本発明に先立ち、前記車両を用

いて次のような実験を行った。それは、外気温度 t が20℃である状況下において、路面 μ が0.8、0.5、0.2および0.1というように異なる4種類の路面上でそれぞれ直進定常走行をし、その際、加速度センサ20により加速度Gを測定するという実験である。なお、ここに、路面 μ が0.8である路面とは、乾燥アスファルト路であり、路面 μ が0.5である路面とは、乾燥低 μ アスファルト路であり、路面 μ が0.2である路面とは、湿潤低 μ アスファルト路であり、路面 μ が0.1である路面とは、湿潤磁器タイル路である。

【0020】加速度Gの測定結果を周波数分析した結果の一例が図5にグラフで表されている。このグラフは、横軸に加速度Gの周波数 f 、縦軸に加速度GのPSD値（パワースペクトル密度）がとられたものである。すなわち、本実施例においては、加速度GのPSD値が、本発明における「振動レベル」の一態様なのである。このグラフから次のような事実が判る。すなわち、周波数 f が約6kHz近傍では、タイヤが共振する傾向があり、しかも、その共振のレベル、すなわち、共振周波数 f におけるPSD値が、路面 μ が大きいほど減少する関係（これが本発明における「路面の摩擦係数が一方向に変化するのに対応して振動レベルが一方向に変化する特定の関係」の一態様である）があるという事実が判るのである。

【0021】路面 μ が大きいほど共振周波数 f におけるPSD値が減少するという現象の発生メカニズムは次のように推定される。

【0022】図6に示されているように、高 μ 路上では、トレッド接地部の周方向における各部分は路面に接し始めると、路面との摩擦力が大きいため、タイヤ中心から離れる向きに弾性変形し、路面に対しては相対的に横方向に変位せず、すなわち、相対的な横スリップは発生しない。その後、トレッドが路面を離れる直前近傍まで、トレッド各部分に相対的な横スリップは発生せず、トレッドが路面を離れる直前近傍において、トレッド各部分はその弾性力によってタイヤ中心の方に戻され、このとき始めて、相対的な横スリップが発生する。これに対し、低 μ 路上では、トレッド各部分は路面に接し始めると、路面との摩擦力が小さいため、タイヤ中心から離れる向きに弾性変形はするが直ちにタイヤ中心の方に戻り、その後、トレッドが路面から離れるまで、路面に対する相対的な横スリップを発生し続ける。このように、高 μ 路上では、トレッドの粘着域が長く、横スリップ域が短いのにに対して、低 μ 路上では、粘着域が短く、横スリップ域が長くなる。

【0023】一方、トレッドは、それが路面に対して横スリップする際に、図7に模型的に示されているように、路面の凹凸（これは、路面 μ の大小とはほぼ無関係に、同じ高さで同じ間隔で存在する微視的な凹凸を意味する）により、上下方向にも横方向にも振動させられ

る。なお、図においてばねと減衰器は、タイヤがばねと減衰器とからなる無数の弾性体が周方向に互いに独立して並んでいるモデルで近似できることを示している。

【0024】したがって、トレッドは、路面に対して横スリップする際に、路面の凹凸を加振源として振動させられ、その共振点が前記加速度Gの共振周波数 f_0 であると推定される。そして、トレッドの横スリップ域が長いほど、トレッドが路面の凹凸による加振を強く受け、その結果、前輪10が強く振動させられることになると推定される。すなわち、路面 μ が小さいほど、トレッドの横スリップ域が長くなり、トレッドが路面の凹凸による加振を強く受け、前輪10が強く振動させられ、その結果、共振周波数 f_0 における加速度GのPSD値が大きくなったものと推定されるのである。

【0025】なお、タイヤの共振周波数 f_0 は、タイヤの物性、サイズ、表面温度等によって変化し、それらのうち物性、サイズ等は、車両走行中ほとんど不変であるが、表面温度は比較的顕著に変化することが予想される。また、タイヤの共振周波数 f_0 は一般に、タイヤの表面温度が高いほど、高くなると予想される。そこで、本実施例においては、タイヤの表面温度を外気温度 t として間接に検出し、それにも基づいて路面 μ を検出することとされている。

【0026】次に、路面摩擦係数推定ルーチンを図4に基づいて具体的に説明する。本ルーチンは一定時間ごとに実行される。各回の実行時にはまず、ステップS1

(以下、「S1」という。他のステップについても同じとする)において、操舵角センサ42から現在の操舵角 θ が読み込まれ、この操舵角 θ が実質的に0であるか否か、すなわち、車両が現在、実質的に直進走行状態にあるか否かが判定される。直進状態になれば判定がNOとなり、本ルーチンの一回の実行が直ちに終了するが、直進状態になれば判定がYESとなり、S2以下のステップに移行する。

【0027】S2においては、温度センサ44から現在の外気温度 t が読み込まれる。続いて、S3において、その現在の外気温度 t に対応するタイヤの共振周波数 f_0 が決定される。前記ROM32に、外気温度 t と共振周波数 f_0 との関係であって例えば図8にグラフで表されるものが予め記憶されており、その関係を用いることにより、現在の外気温度 t に対応する共振周波数 f_0 が決定されるのである。なお、その関係は実験的に取得されたものである。

【0028】次に、S4において、加速度センサ20から加速度Gが一定短時間(例えば5秒程度)読み込まれ、その間に入力された複数の加速度Gに対して周波数分析が行われ、これにより、周波数 f とPSD値との関係が取得される。さらに、本ステップにおいては、PSD値のうち、前記共振周波数 f_0 に一致する周波数 f におけるものが検索され、これが今回のPSD値とされ

る。

【0029】その後、S5において、今回の共振周波数 f_0 とPSD値とに対応する路面 μ が決定される。共振周波数 f_0 とPSD値と路面 μ との関係であって例えば図9にグラフで表されているものが予めROM32に記憶されており、この関係を用いることにより、現在の路面 μ が決定されるのである。なお、この関係も実験的に取得されたものである。

【0030】続いて、S6において、決定された路面 μ が前記路面摩擦係数表示器46に数字表示、絵表示、グラフ表示等により表示される。以上で本ルーチンの一回の実行が終了する。

【0031】以上の説明から明らかなように、本実施例においては、タイヤの共振周波数 f_0 における振動レベルと路面 μ との関係を用いることにより現在の路面 μ が検出され、そのタイヤの振動は車両直進中におけるタイヤの横変位に基づくものであって、その横変位は、車両駆動中であるか否かを問わず、また、タイヤがロック限界付近にあるか否かを問わず、発生する現象である。したがって、本実施例においては、車両が実質的に直進走行状態にあれば、車両駆動中であるか否かを問わず、また、タイヤがロック限界付近にあるか否かを問わず、路面 μ を検出することができるという効果が得られる。

【0032】以上の説明から明らかなように、本実施例においては、加速度センサ20が本発明における「車輪振動レベル検出手段1」の一態様を構成し、路面摩擦係数推定装置24が操舵角センサ42および温度センサ44と共同して、本発明における「路面摩擦係数推定手段2」の一態様を構成しているのである。

【0033】以上、本発明の一実施例を図面に基づいて詳細に説明したが、本発明はその他の態様で実施することができる。

【0034】例えば、前記実施例においては、外気温度 t に応じて共振周波数 f_0 が可変に設定されるようになっていたが、固定値として本発明を実施することも可能である。

【0035】また、前記実施例においては、加速度GのPSD値が本発明における「振動レベル」の一態様として用いられていたが、例えば、加速度Gの振幅を用いることもできる。

【0036】また、前記実施例においては、車両が実質的に直進走行状態にあるときに限って路面 μ の検出が行われるようになっていたが、これは、前輪10の横スリップ角が通常値である状況とそれより大きい状況との間では、前輪10の振動レベルが異なるという推定に基づくものである。したがって、例えば、横スリップ角の複数の値、すなわち操舵角 θ の複数の値の各々につき、振動レベルと路面 μ との関係を実験的に取得し、その取得した関係をROM32に記憶しておけば、車両旋回中でも路面 μ を検出し得るようにして本発明を実施すること

もできる。

【0037】また、前記実施例においては、加速度センサ20により検出された加速度Gに対して周波数分析が行われ、それにより取得された複数の周波数fにおけるPSD値から今回の共振周波数f₀に対応するもののみが抽出されるようになっていたが、例えば、加速度センサ20の出力信号がバンドパスフィルタを経て路面摩擦係数推定装置24に供給されるようにし、かつ、そのバンドパスフィルタを今回の共振周波数f₀と一致する周波数fの加速度Gのみを通過させるものとして本発明を

実施することもできる。
【0038】また、前記実施例においては、検出された路面μが運転者に対して出力されるようになっていたが、検出された路面μを用いてアンチロック制御、後輪舵角制御、駆動・制動力配分制御等の車両運動制御を行うようにして本発明を実施することもできる。

【0039】これらの他にも特許請求の範囲を逸脱することなく、当業者の知識に基づいて種々の変形、改良を施した態様で本発明を実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の構成を概念的に示す図である。

【図2】本発明の一実施例である路面摩擦係数検出装置が搭載される車両の前輪周辺を示す正面図である。

【図3】その路面摩擦係数検出装置の構成を示す図であ*

る。

【図4】図3におけるROMに記憶されている路面摩擦係数推定ルーチンを示すフローチャートである。

【図5】図4のルーチンにより路面摩擦係数が検出される原理を説明するための実験データを示すグラフである。

【図6】タイヤの振動のパワースペクトル密度PSDの、共振周波数f₀における値が路面の摩擦係数によって変化するメカニズムを説明するための図である。

【図7】タイヤの振動のパワースペクトル密度PSDの、共振周波数f₀における値が路面の摩擦係数によって変化するメカニズムを説明するための図である。

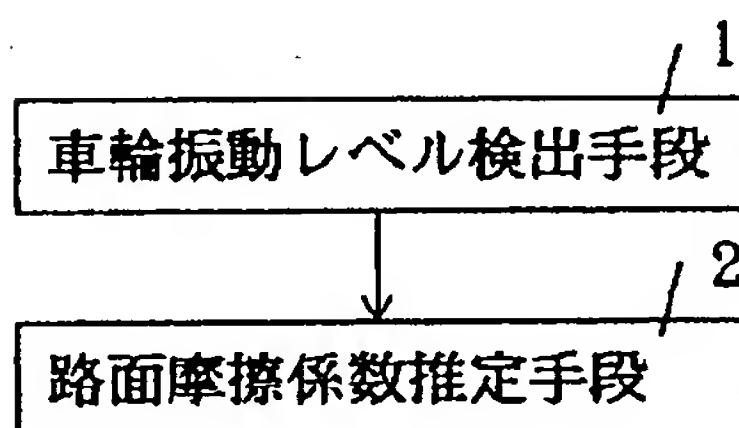
【図8】図4のルーチンにおける外気温度tと共振周波数f₀との関係を示すグラフである。

【図9】図4のルーチンにおける共振周波数f₀とタイヤの振動のパワースペクトル密度PSDと路面摩擦係数との関係を示すグラフである。

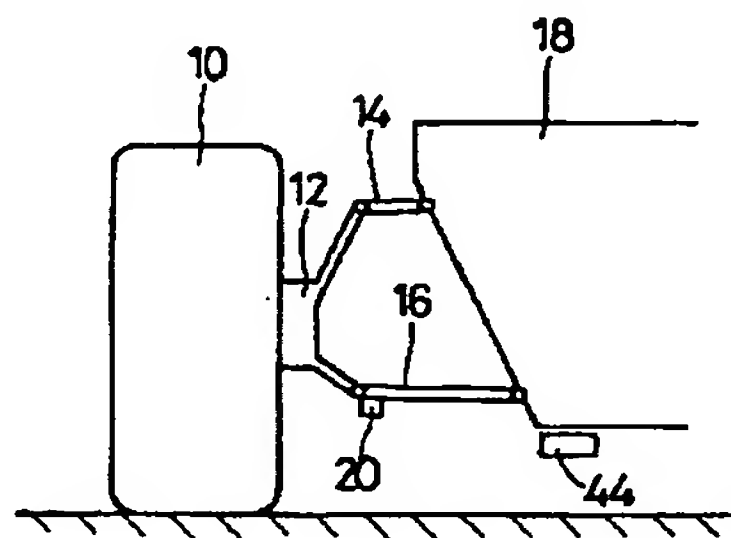
【符号の説明】

- 10 前輪
- 20 加速度センサ
- 24 路面摩擦係数推定装置
- 42 操舵角センサ
- 44 温度センサ
- 46 路面摩擦係数表示器

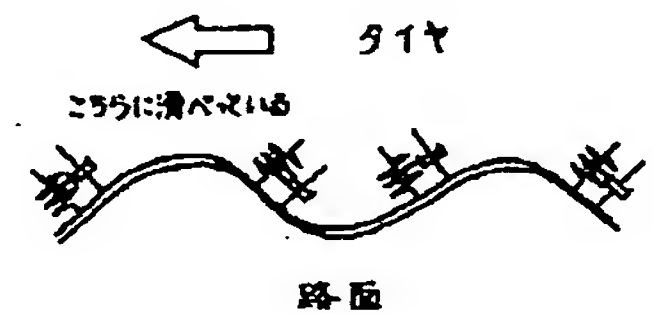
【図1】



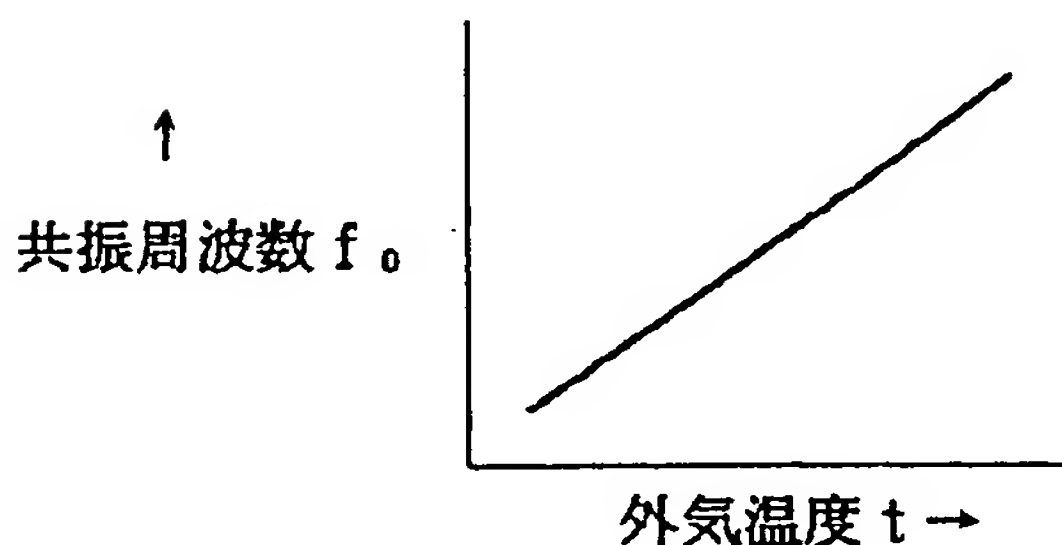
【図2】



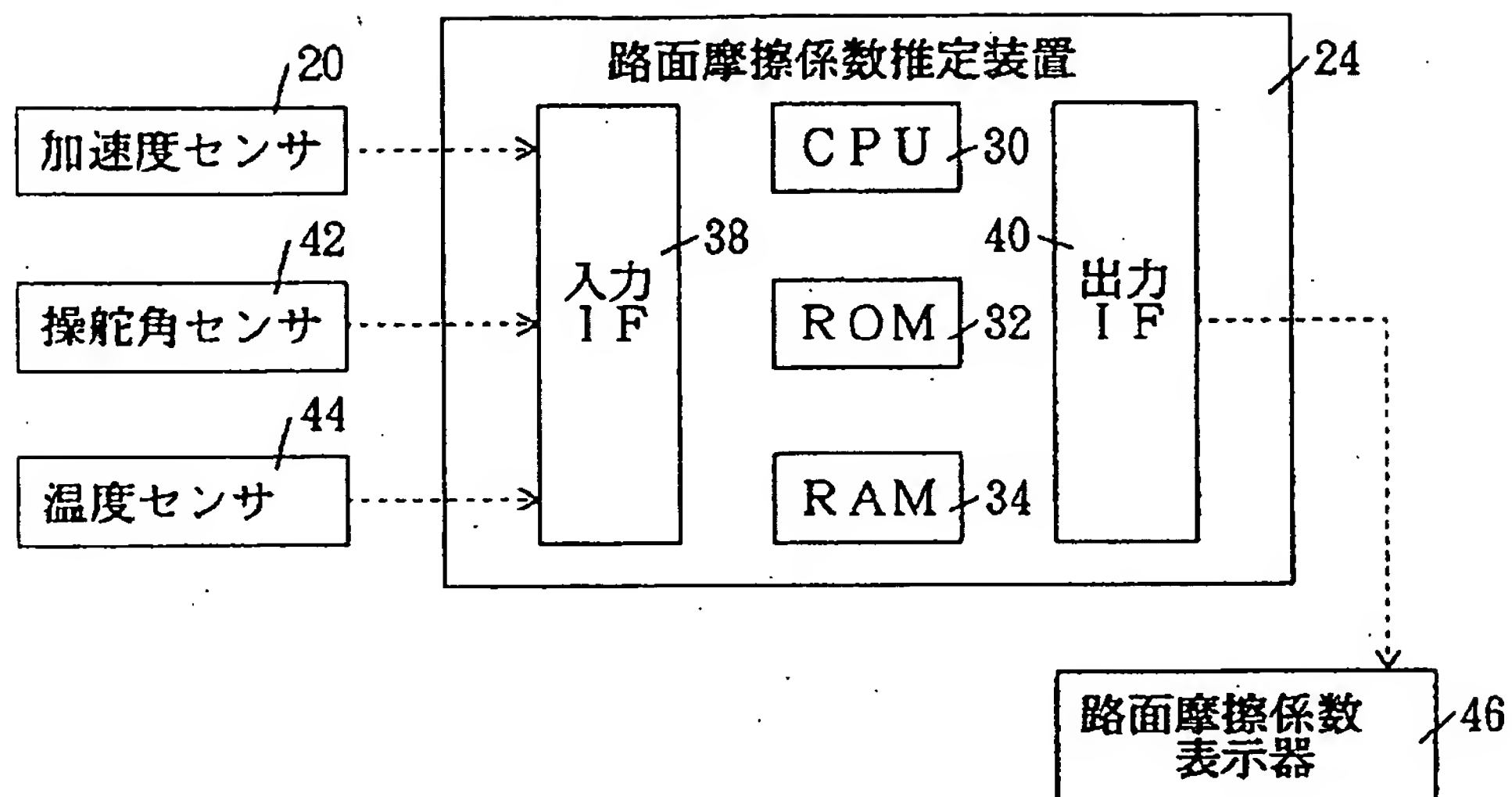
【図7】



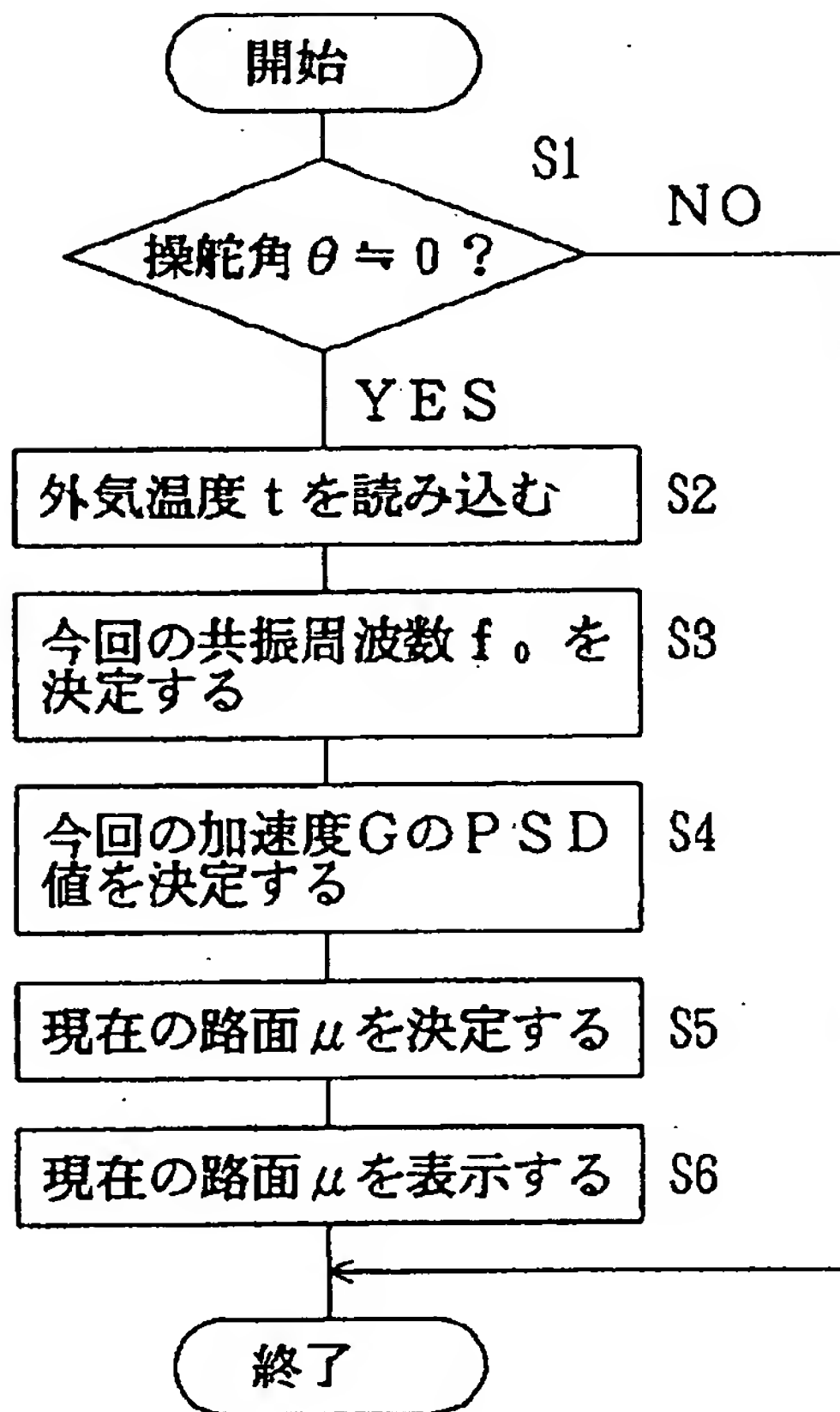
【図8】



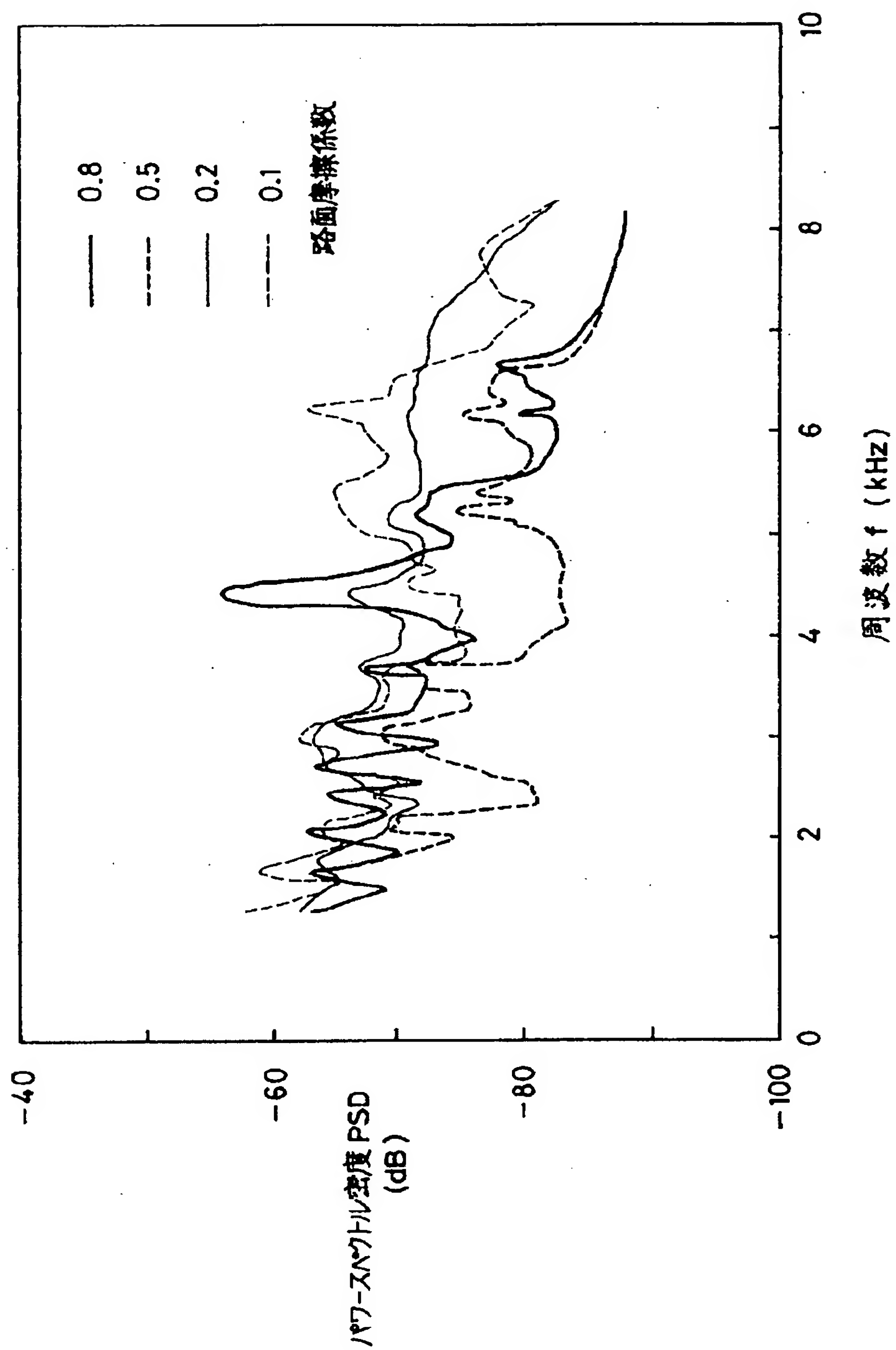
【図3】



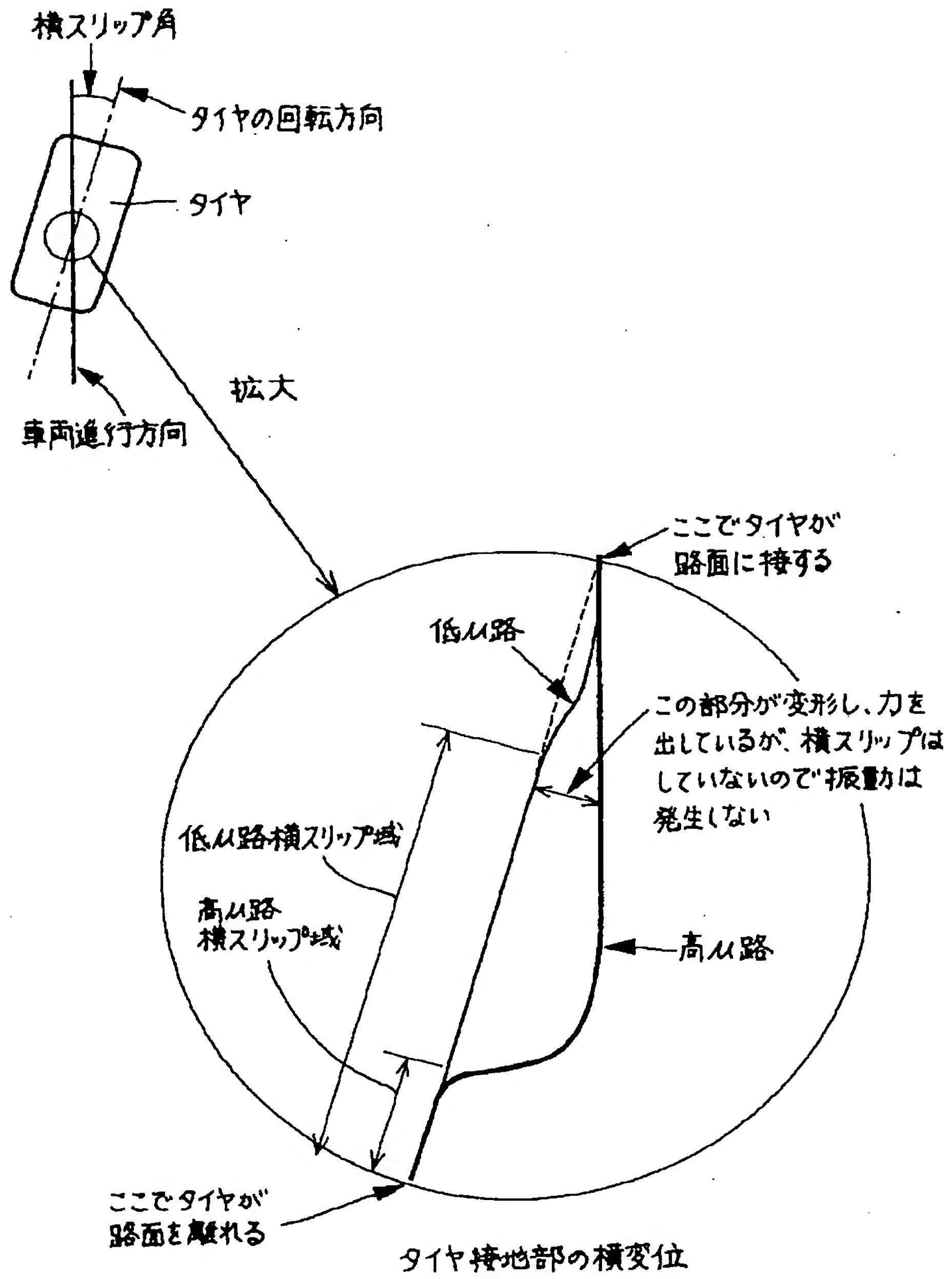
【図4】



【図5】



【図6】



【図9】

